

Limit current sensor for determining the lambda value in gas mixtures

Patent Number: ☐ US5653858
Publication date: 1997-08-05
Inventor(s): FRIESE KARL-HERMANN (DE); GRUENWALD WERNER (DE)
Applicant(s): BOSCH GMBH ROBERT (DE)
Requested Patent: ☐ DE4341278
Application Number: US19950495654 19950727
Priority Number(s): DE19934341278 19931203; WO1994DE01388 19941124
IPC Classification: G01N27/41
EC Classification: G01N27/419
Equivalents: CN1043590B, CN1116879, ☐ GB2290620, JP8506666T, ☐ WO9515491

Abstract

PCT No. PCT/DE94/01388 Sec. 371 Date Jul. 27, 1995 Sec. 102(e) Date Jul. 27, 1995 PCT Filed Nov. 24, 1994 PCT Pub. No. WO95/15491 PCT Pub. Date Jun. 8, 1995A limit current sensor for determining lambda values of a gas mixture includes a solid electrolyte layer comprised of a material which conducts oxygen ions; an anode provided on a surface of the solid electrolyte layer and having a surface opposite the solid electrolyte layer which is exposed to a gas which is one of the gas mixture being measured or a reference gas; a first pumping cell comprising the anode and a first cathode provided on a surface of the solid electrolyte layer opposite the anode; a second pumping cell comprising the anode and a second cathode provided on the surface of the solid electrolyte layer on which the first cathode is provided and spaced apart from the first cathode; a diffusion layer which is provided across the first cathode and the second cathode in contact therewith and along surfaces thereof opposite the solid electrolyte layer, and which is in communication with the gas mixture to be measured so that diffusion of the gas mixture to be measured through the diffusion layer occurs along a diffusion path which reaches the first cathode prior to reaching the second cathode; and means for activating one pumping cell at a time based on a predetermined threshold value of oxygen concentration so that the first cathode is activated at oxygen concentrations within a range near a stoichiometric gas mixture where $\lambda = 1$ and so that the second cathode is activated at higher oxygen concentrations.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 43 41 278 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
G 01 N 27/419

⑳ Aktenzeichen: P 43 41 278.5
㉑ Anmeldetag: 3. 12. 93
㉒ Offenlegungstag: 8. 6. 95

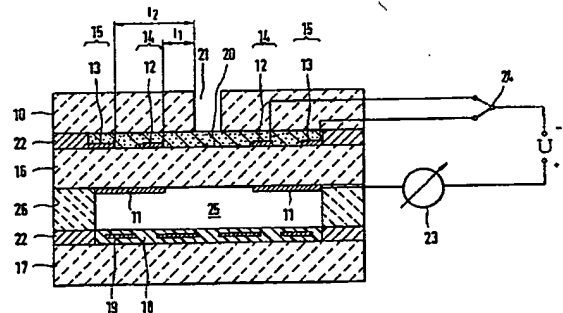
DE 43 41 278 A 1

㉑ Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

㉒ Erfinder:
Friese, Karl-Hermann, Dipl.-Phys. Dr., 71229
Leonberg, DE; Gruenwald, Werner, Dipl.-Phys. Dr.,
70839 Gerlingen, DE

⑤4 Grenzstromsensor zur Bestimmung des Lambdawertes in Gasgemischen

⑤7 Es wird ein Grenzstromsensor zur Bestimmung des Lambdawertes in Gasgemischen, insbesondere in Abgasen von Verbrennungsmotoren vorgeschlagen. Der Grenzstromsensor besitzt auf einem sauerstoffionenleitenden Festelektrolyt angeordnet eine erste Pumpzelle (14) und eine zweite Pumpzelle (15) mit jeweils einer dem Meßgas über eine Diffusionsstrecke (20) ausgesetzten ersten Kathode (12) und zweiten Kathode (13). Die Pumpzellen (14) und (15) sind derart ausgeführt, daß sich bei gleicher äußerer Sauerstoffkonzentration verschiedene Pumpströme (I_p) einstellen, derart, daß bei einer Sauerstoffkonzentration zumindest in der Nähe eines stöchiometrischen Gasgemisches ($\lambda = 1$) die Pumpzelle (14) mit dem höheren Pumpstrom (I_p) aktivierbar ist, während bei einer Sauerstoffkonzentration außerhalb dieses Bereichs die Pumpzelle (15) mit dem niedrigeren Pumpstrom (I_p) in Betrieb ist. Dazu sind die Kathoden (12, 13) in der Diffusionsbarriere (20) beabstandet mit jeweils unterschiedlichen Diffusionswegen (l_1) und (l_2) angeordnet, wobei die eine Kathode (12) der Pumpzelle (14), welche in der Nähe des stöchiometrischen Gasgemisches ($\lambda = 1$) im Betrieb ist, einen kürzeren Diffusionsweg (l_1) als die Kathode (13) der anderen Pumpzelle (15) aufweist.



DE 43 41 278 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04. 95 508 023/236

8/



Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Grenzstromsensor zur Bestimmung des Lambda-Wertes in Gasgemischen nach der Gattung des Hauptanspruchs. Aus der DE-OS 39 08 393 ist ein Grenzstromsensor bekannt, bei dem zur Reduzierung der Ansprechzeit eine zweite Pumpzelle vorgesehen ist, mit der eine konstante Sauerstoffkonzentration im Diffusionskanal einstellbar ist. Die zweite Pumpzelle dient dazu, um frühzeitig den stationären Gleichgewichtszustand des Diffusionsstromes im Diffusionskanal zu erreichen. Eine Verkürzung der Diffusionskanallänge würde zwar ebenfalls eine schnelle Ansprechzeit bewirken, gleichzeitig aber den Grenzstrom zu stark erhöhen. Wegen der begrenzten Strombelastbarkeit der Elektroden bei hohen Sauerstoffkonzentrationen im mageren Gasgemisch ist eine Mindestlänge des Diffusionskanals notwendig.

Für den Einsatz des Grenzstromsensors vom mageren Bereich ($\lambda > 1$) über den stöchiometrischen Bereich ($\lambda = 1$) bis hin zum fetten Bereich ($\lambda < 1$) des Kraftstoff-/Luft-Verhältnisses ist es aus der EP-B1-190 750 bekannt, die Anode der Pumpzelle einer Bezugsatmosphäre auszusetzen. Im mageren Bereich arbeiten diese Sensoren wie die bekannten Magersensoren. Die Sauerstoffmoleküle werden an der Kathode reduziert, so daß die Sauerstoffionen von der Kathode zur Anode durch den ZrO_2 -Festelektrolyt wandern. An der Anode werden die Ionen wiederum in Sauerstoffmoleküle umgewandelt und in die Atmosphäre abgegeben. Bei stöchiometrischen Verhältnissen liegt an der Kathode ein chemisches Gleichgewicht vor, so daß kein Pumpstrom vorliegt. Auch im fetten Bereich werden die Sauerstoffionen von der Kathode zur Anode aufgrund der anliegenden Pumpspannung gefördert. An der Anode werden sie wiederum umgewandelt in Sauerstoffmoleküle. Gegenüber dem mageren Bereich fließt der Sauerstoffionenstrom in entgegengesetzter Richtung. Dazu ist eine Umpolung der Pumpspannung notwendig. Dies wird dadurch realisiert, daß der Pegel der bei stöchiometrischen Verhältnissen auftretenden EMK als Schaltsignal verwendet wird.

Bei Grenzstromsensoren wird ein Grenzstrom im allgemeinen bei einer konstanten, an den beiden Elektroden des Grenzstromsensors anliegenden Spannung gemessen. Der Grenzstrom ist bei einem sauerstoffhaltigen Meßgas linear vom Sauerstoffpartialdruck so lange abhängig, wie die Diffusion des Gases zur Kathode die Geschwindigkeit der ablaufenden Reaktion bestimmt. Derartige, dem Meßgas insgesamt ausgesetzte Grenzstromsensoren eignen sich zur Erfassung der Sauerstoffkonzentration in mageren Meßgasen. Zwischen den Elektroden stellt sich der Grenzstrom im mageren Bereich ein, sobald die durch die Diffusionsschicht an die Kathode gelangenden Sauerstoffmoleküle in Ionenform schnell abtransportiert werden. Im fetten Bereich tritt der Grenzstrom dann auf, wenn der Anode eine Diffusionsbarriere vorgelagert ist und die Diffusion von H_2 und CO zur Anode geschwindigkeitsbestimmend für die Gesamtreaktion ist.

Bei langsamen Anwachsen der Pumpspannung vom Wert 0 Volt aus liegen zwischen den Elektroden ohmsche Verhältnisse vor, so daß mit zunehmender Pumpspannung der Pumpstrom ansteigt, bis der Diffusionsgrenzstrom die Begrenzung des Pumpstroms bewirkt.

Wäre die Kathode ohne Diffusionsbarriere bzw. nur mit einem geringen Diffusionswiderstand dem Meßgas ausgesetzt, würde insbesondere bei hohen Partialdrücken es zu keiner den Pumpstrom begrenzenden Diffusion kommen, wodurch das Strom-Spannungs-Verhalten des Sensors weiter den ohmschen Bedingungen gehorcht würde. Dadurch steigt die Pumpspannung immer weiter an, so daß sie schließlich auch bei Werten größer 1 Volt nicht in den Grenzstrombereich und damit nicht zur Meßbarkeit des O_2 -Gehalts kommt. Derartig hohe Pumpspannungen führen zur Zerstörung des Festelektrolyten und der Elektrode. Bei niedrigen Partialdrücken würde andererseits bereits ein geringer Diffusionswiderstand ausreichen. Um jedoch den Grenzstromsensor zur Detektierung eines weiten Bereichs von mager bis fett einzusetzen, ist für einen ausreichenden Diffusionswiderstand zu sorgen. Ein ausreichender Diffusionswiderstand, welcher durch einen entsprechenden Diffusionsweg des Meßgases festgelegt wird, besitzt in der Nähe von stöchiometrischen Verhältnissen den Nachteil, daß kaum noch ein Konzentrationsgefälle vorliegt und somit bereits kleine Fluktuationen von Meßgas das Sensorsignal verfälschen. Auch reichen in diesem Fall bereits kleine Spannungen zur Zerstörung des Festelektrolyten.

Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Grenzstromsensor mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, daß die Empfindlichkeit des Grenzstromsensors im Bereich um das stöchiometrische Verhältnis ($\lambda = 1$) erhöht wird.

Mit den in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Grenzstromsensors möglich. Besonders vorteilhaft ist, beide Pumpzellen mit unterschiedlichen Diffusionswiderständen auszuführen. Eine einfache Realisierung unterschiedlicher Diffusionswiderstände wird dadurch erzielt, wenn die Kathoden der beiden Pumpzellen mit unterschiedlichen Diffusionswegen in der Diffusionsbarriere angeordnet sind. Gute Ergebnisse sind erreichbar, wenn der Diffusionsweg der Pumpzelle mit der höheren Empfindlichkeit dem 0,1- bis 0,7fachen, vorzugsweise dem 0,3fachen des Diffusionsweges der Pumpzelle mit dem längeren Diffusionsweg entspricht. Eine kostengünstige Ausführung des Grenzstromsensors ist dadurch möglich, für beide Pumpzellen eine gemeinsame Anode mit einer einzigen Anschlußleitung vorzusehen.

Zeichnung

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung und in der nachfolgenden Beschreibung dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Grenzstromsensors für mageres Abgas, Fig. 2 die Kennlinie des Grenzstroms über der Sauerstoffkonzentration des Grenzstromsensors gemäß Fig. 1, Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel eines Grenzstromsensors zur Bestimmung des Lambda-Wertes vom mageren Abgas bis hin zum fetten Abgas, Fig. 4 eine Kennlinie des Grenzstroms über der Sauerstoffkonzentration des Grenzstromsensors gemäß Fig. 3 und Fig. 5 den Verlauf der Pumpspannung U_p über dem Pumpstrom I_p .



Der Grenzstromsensor gemäß Fig. 1 besitzt eine erste Festelektrolytfolie 10, beispielsweise aus yttriumstabilisiertem Zirkoniumoxid, mit einer Anode 11 sowie einer ersten Kathode 12 und einer zweiten Kathode 13. Die erste Kathode 12 bildet mit der Anode 11 eine erste Pumpzelle 14 und die zweite Kathode 13 mit der Anode 11 eine zweite Pumpzelle 15. Parallel zur ersten Festelektrolytfolie 10 ist eine zweite Festelektrolytfolie 16 und eine dritte Festelektrolytfolie 17 angeordnet. Zwischen den beiden Festelektrolytfolien 16, 17 ist ein in eine elektrisch isolierende Schicht 18 eingebetteter Heizer 19 positioniert. Die isolierende Schicht 18 besteht beispielsweise aus Al_2O_3 . Anstelle der Festelektrolytfolien 16 und 17 können genauso gut andere keramische Folien verwendet werden, beispielsweise aus Al_2O_3 . Es versteht sich von selbst, daß bei elektrisch isolierenden keramischen Folien auf die isolierende Schicht 18 zur Einbettung des Heizers 19 verzichtet werden kann.

Zwischen der ersten Festelektrolytfolie 10, der zweiten Festelektrolytfolie 16 und dem dritten Festelektrolytträger 17 ist jeweils ein den Abstand bestimmender gasdichter Rahmen 22 vorgesehen, welcher beispielsweise ebenfalls aus Zirkoniumoxid besteht.

Zwischen der ersten Festelektrolytfolie 10 und der zweiten Festelektrolytfolie 16 ist ein eine Diffusionsbarriere für das Meßgas bildender Diffusionskanal 20 ausgeführt, welcher über ein Diffusionsloch 21 mit dem Meßgas in Verbindung steht. Die Anode 11 und die beiden Kathoden 12, 13 sind beispielsweise ringförmig um das Diffusionsloch 21 herumgelegt. Die erste Kathode 12 ist dabei mit einem Diffusionsweg 11 näher zum Diffusionsloch 21 positioniert als die zweite Kathode 13 mit einem Diffusionsweg 12. Der Diffusionsweg 11 zur ersten Kathode 12 beträgt beispielsweise das 0,3fache des Diffusionsweges 12 der zweiten Kathode 13. Zur Ausbildung eines entsprechenden Diffusionswiderstandes ist der Diffusionskanal 20 mit einem porösen Material, beispielsweise aus Al_2O_3 gefüllt. Die Porengröße gibt dabei unter anderem den Diffusionswiderstand an.

Die Anode 11 und die Kathoden 12, 13 sind mit einer Pumpspannungsquelle U verbunden, wobei der Anschluß an die Kathoden 12, 13 über einen Schalter 24 wahlweise schaltbar ist. Im Stromkreis ist ferner zur Messung des Grenzstromes I_p ein Amperemeter 23 angeordnet. Anstelle des Amperemeter 23 ist bei der praktischen Anwendung in einem Kraftfahrzeug eine Steuereinheit zur Steuerung des Kraftstoff-Luftgemisches vorgesehen.

Aus Fig. 2 geht die Kennlinie des Pumpstromes I_p der beiden Pumpzellen 14, 15 über der O_2 -Konzentration C hervor. Der Grenzstrom I_p der beiden Pumpzellen wird vom Amperemeter 23 gemessen. Bei einer hohen Sauerstoffkonzentration im Meßgas (Luft = 20,5%) ist die zweite Kathode 13 über den Schalter 24 mit der Spannungsquelle U verbunden. Mit abnehmender Sauerstoffkonzentration C verringert sich der Grenzstrom I_p der zweiten Pumpzelle 15. Sobald ein vorbestimmten Schwellwert C_s der Sauerstoffkonzentration C erreicht ist, wird die Pumpspannung U auf die erste Kathode 12 gelegt. Dazu wird der Schalter 24 entsprechend der punktierten Linie in Fig. 1 betätigt. Die Betätigung des Schalters 24 erfolgt von einer nicht dargestellten Steuerungsschaltung, wobei der Schwellwert C_s mittels einer stromproportionalen Pumpspannung definiert wird. Der nunmehr vom Amperemeter 23 gemessene Grenz-

strom I_{p1} ist bei der selben Sauerstoffkonzentration bedeutend höher als der Grenzstrom I_{p2} der zweiten Pumpzelle 15. Mit abnehmender Sauerstoffkonzentration wird der Grenzstrom I_{p1} der ersten Pumpzelle 14 immer geringer, bis er bei einer Sauerstoffkonzentration von 10^{-10} bar, was einem stöchiometrischen Verhältnis ($\lambda = 1$) entspricht, zu Null wird. Bereits aus der Steilheit der Kennlinie des Grenzstromes I_{p1} der ersten Pumpzelle 14 wird deutlich, daß bereits geringe O_2 -Konzentrationsschwankungen des Meßgases in der Nähe von $\lambda = 1$ eine deutliche Veränderung des Grenzstromes I_{p1} bewirken. Dies bedeutet schließlich eine höhere Empfindlichkeit des Grenzstromsensors im Bereich nahe von $\lambda = 1$. Die Größe des Schwellwertes C_s , bei der die Umschaltung von der zweiten Pumpzelle 15 auf die erste Pumpzelle 14 erfolgt, ist abhängig von der Positionierung der ersten Kathode 12 im Diffusionskanal 20.

Ein zweites Ausführungsbeispiel für eine Grenzstromsonde, welche als Breitbandsensor vom mageren Bereich bis zum fetten Bereich eines Gasgemisches einsetzbar ist, geht aus Fig. 3 hervor. Bei diesem Grenzstromsensor ist die Anode 11 in einem Referenzkanal 25 angeordnet. Der Referenzkanal 25 steht beispielsweise mit der Atmosphäre in Verbindung. Das Meßgas wird, wie beim Sensor gemäß Fig. 1, über das Diffusionsloch 21 und die Diffusionsbarriere 20 zu den beiden Kathoden 12 und 13 geführt. Die Anordnung der Kathoden 12 und 13 sowie ihr Diffusionsweg 11 und 12 entspricht der Ausführungsform gemäß Fig. 1. Die Kathoden 12, 13 sind im vorliegenden Ausführungsbeispiel jedoch auf der zweiten Festelektrolytfolie 16 angeordnet. Die erste Festelektrolytfolie 10 enthält, wie im ersten Ausführungsbeispiel, das Diffusionsloch 21. An die Anode 11 schließt sich eine weitere keramische Folie 26 an, in welcher der Referenzkanal 25 eingebracht ist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist zweiges besserer Wärmeleitung der Heizer 19 mit der isolierenden Schicht 18 unmittelbar zum Referenzkanal 25 hin angeordnet. Es ist aber genauso denkbar, zwischen der Isolations-schicht 18 und dem Referenzkanal 25 eine zusätzliche keramische Folie vorzusehen.

Die in Fig. 4 dargestellte Kennlinie zeigt den Verlauf des Pumpstroms I_p von einer Sauerstoffkonzentration im mageren Abgas ($\lambda > 1$) über die Sauerstoffkonzentration bei $\lambda = 1$ bis hin zu einer Sauerstoffkonzentration im fetten Abgas ($\lambda < 1$). Die Sauerstoffkonzentration im fetten Abgas gibt den Fehlbetrag an Sauerstoff an, der notwendig ist, um das Gasgemisch auf $\lambda = 1$ einzustellen. In diesem Zusammenhang sind die im Koordinatensystem als negative Werte ausgewiesenen Sauerstoffkonzentrationen zu verstehen. Der Verlauf der Kennlinie im mageren Abgas entspricht dem Verlauf gemäß Fig. 2. Bei weiterer Annäherung an $\lambda = 1$ wird die Pumpspannung U_p gemäß Fig. 5 auf einen konstanten Wert von beispielsweise 300 Millivolt gehalten.

Bei $\lambda = 1$ baut sich, wie schon oben beschrieben, eine der äußeren Pumpspannung entgegengesetzte EMK (Nernst-Spannung) auf, wodurch der vom Amperemeter 23 gemessene Grenzstrom I_{p1} zu Null wird. Der Sauerstoffpartialdruck im Diffusionskanal 20 stellt sich dabei auf etwa 10^{-10} bar ein. Beim Übergang ins fette Abgas ($\lambda < 1$) überwiegt die EMK mit etwa 900 Millivolt. Diese Spannung wirkt jedoch nicht effektiv, da zum einen sie gegen die von außen angelegte Pumpspannung U_p arbeitet und zum anderen sie sich vor allem bei größeren Pumpströmen durch den Innenwiderstand der



EMK-Spannungsquelle reduziert. Wird die von außen angelegte Pumpspannung U_p nicht zu groß gewählt und ist der Innenwiderstand der EMK-Spannungsquelle klein, so entwickelt sich unter dem Einfluß der EMK für $\lambda < 1$ ein anodischer Grenzstrom I_{p1}' , wobei wiederum bei Überschreiten eines bestimmten, einstellbaren Schwellwertes C_s auf die zweite Kathode 13 mittels des Schalters 24 geschaltet wird. Dabei fällt der vom Amperemeter 23 gemessene Grenzstrom I_{p1}' gemäß der strich-punktiierten Linie schlagartig auf einen niedrigeren Wert ab, bis der anodische Grenzstrom I_{p2}' an der zweiten Kathode 13 einsetzt. Mit fallender Sauerstoffkonzentration steigt nun der anodische Grenzstrom I_{p2}' weiter an, jedoch mit einer geringeren Steigung als der anodische Grenzstrom I_{p1}' der ersten Pumpzelle 14.

Zum Umschalten von der ersten Kathode 12 auf die zweite Kathode 13 und umgekehrt kann auch ein Schwellwert für den Grenzstrom eingestellt werden. Im Betrieb der entsprechenden Pumpzelle wird wieder mit stromproportionaler Pumpspannung gearbeitet.

Die Herstellung des erfindungsgemäßen Grenzstromsensors erfolgt in bekannter Weise in Laminier- und Siebdrucktechnik und durch anschließendes co-sintern.

Patentansprüche

1. Grenzstromsensor zur Bestimmung des Lambda-wertes in Gasgemischen, insbesondere in Abgasen von Verbrennungsmotoren, mit einer ersten und einer zweiten Pumpzelle mit jeweils auf einem sauerstoffionenleitenden Festelektrolyt angeordneten Pumpelektroden, wobei die Kathoden der Pumpelektroden dem zu messenden Gasgemisch über eine Diffusionsbarriere ausgesetzt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpzellen (14, 15) derart ausgeführt sind, daß sich bei gleicher äußerer Sauerstoffkonzentration verschiedene Pumpströme I_p einstellen, derart, daß bei einer Sauerstoffkonzentration in einem Bereich in der Nähe eines stöchiometrischen Gasgemisches ($\lambda = 1$) die Pumpzelle (14) mit dem höheren Pumpstrom I_p aktivierbar ist, während bei einer Sauerstoffkonzentration außerhalb dieses Bereichs die Pumpzelle (15) mit dem niedrigeren Pumpstrom I_p in Betrieb ist.
2. Grenzstromsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel (24) vorgesehen sind, welche in Abhängigkeit von einem vorgegebenen Schwellwert für die Sauerstoffkonzentration die eine oder die andere Pumpzelle (14, 15) aktivieren.
3. Grenzstromsensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwellwert zum Umschalten von der einen auf die andere Pumpzelle (14, 15) mittels eines Pumpstroms (I_p) vorgebbbar ist.
4. Grenzstromsensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwellwert zum Umschalten von der einen auf die andere Pumpzelle (14, 15) mittels einer stromproportionalen Pumpspannung (U_p) vorgebbbar ist.
5. Grenzstromsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpzellen (14, 15) jeweils unterschiedliche Diffusionswiderstände aufweisen, wobei die Pumpzelle (14), welche in der Nähe des stöchiometrischen Gasgemisches ($\lambda = 1$) im Betrieb ist, einen geringeren Diffusionswiderstand als die andere Pumpzelle (15) besitzt.
6. Grenzstromsensor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kathoden (12, 13) in der Dif-

fusionsbarriere (20) beabstandet mit jeweils unterschiedlichen Diffusionswegen (11) und (12) angeordnet sind, wobei die eine Kathode (12) der ersten Pumpzelle (14) einen geringeren Diffusionsweg (11) als die andere Kathode (13) der zweiten Pumpzelle (15) aufweist.

7. Grenzstromsensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des Diffusionswegs (11) der eine Kathode (12) zwischen dem 0,1- und dem 0,7fachen des Diffusionsweges (12) der anderen Kathode (13), vorzugsweise bei dem 0,3fachen des Diffusionswegs (12) liegt.

8. Grenzstromsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beide Pumpzellen (14, 15) eine gemeinsame als Anode (11) geschaltete Pumpelektrode aufweisen.

9. Grenzstromsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpspannung (U_p) der Pumpzelle (14), welche in der Nähe des stöchiometrischen Gasgemisches ($\lambda = 1$) im Betrieb ist, auf einen konstanten Wert haltbar ist.

10. Grenzstromsensor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpspannung (U_p) kleiner als die Nernst-Spannung, vorzugsweise 300 mV ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen



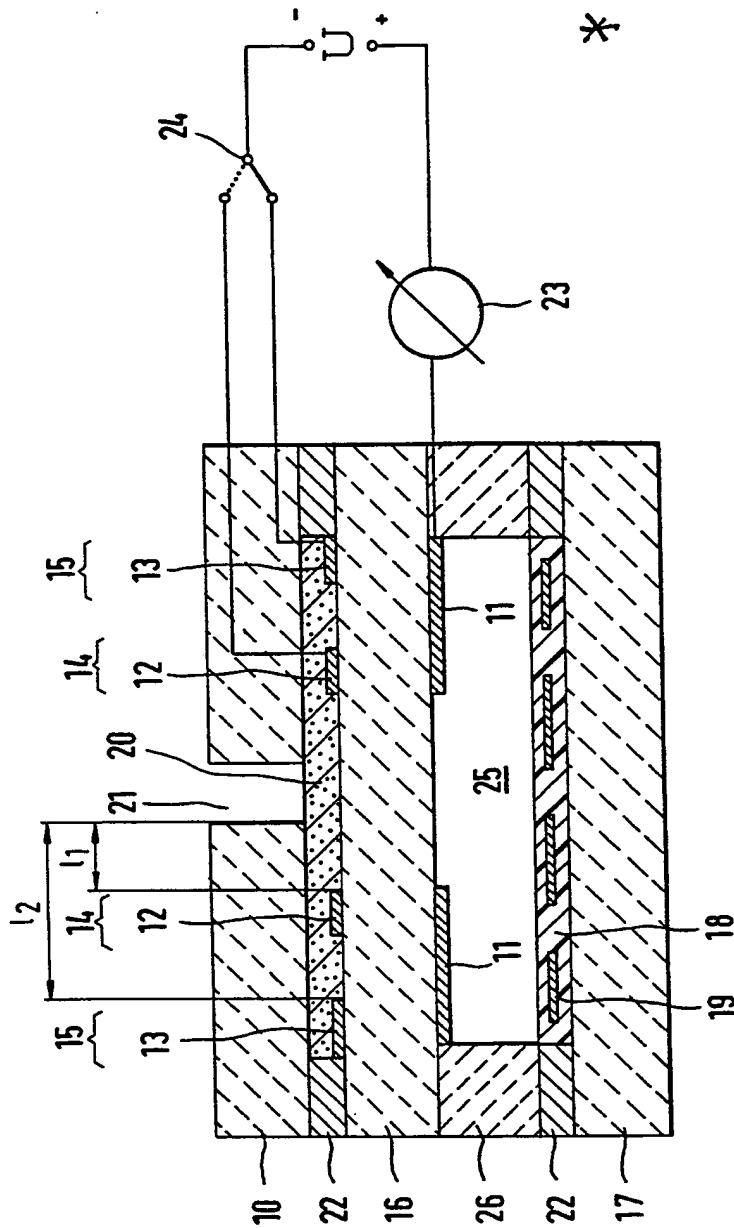


Fig. 3

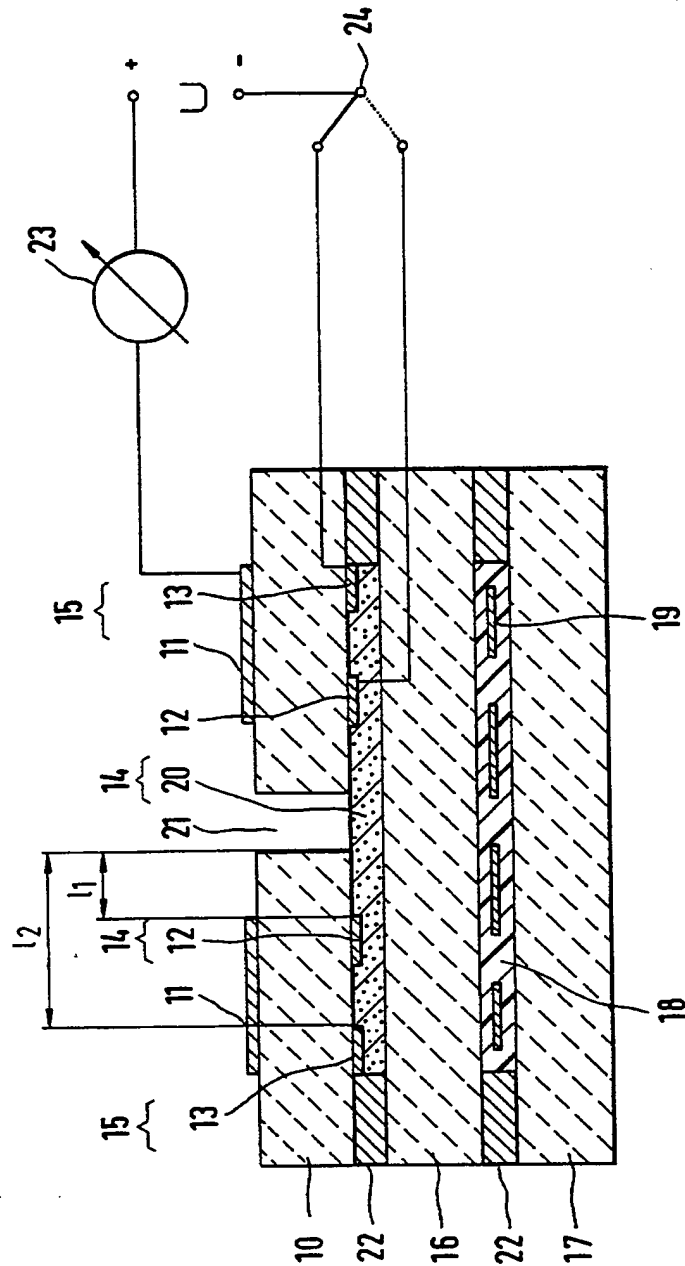


Fig.1

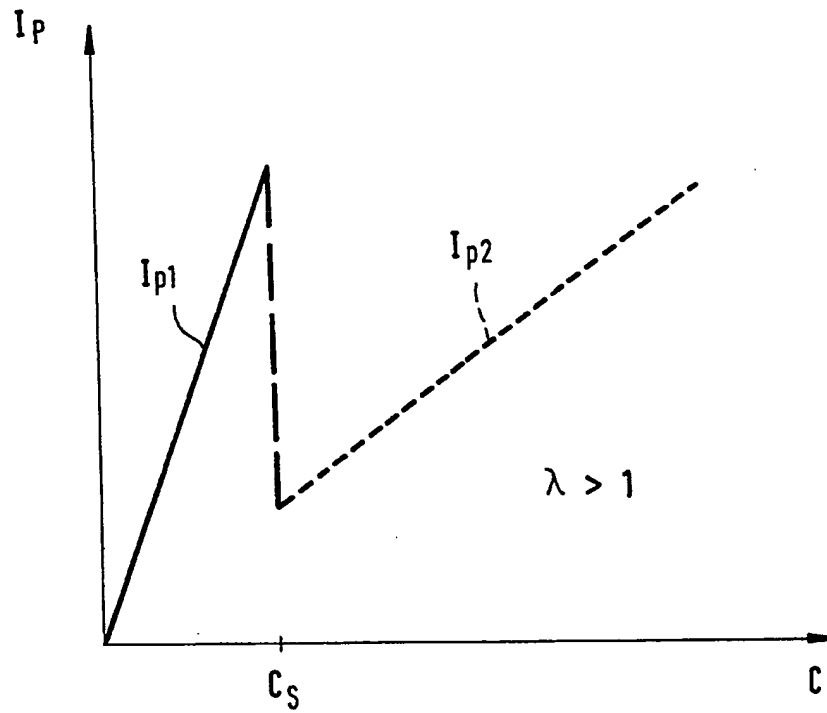


Fig.2

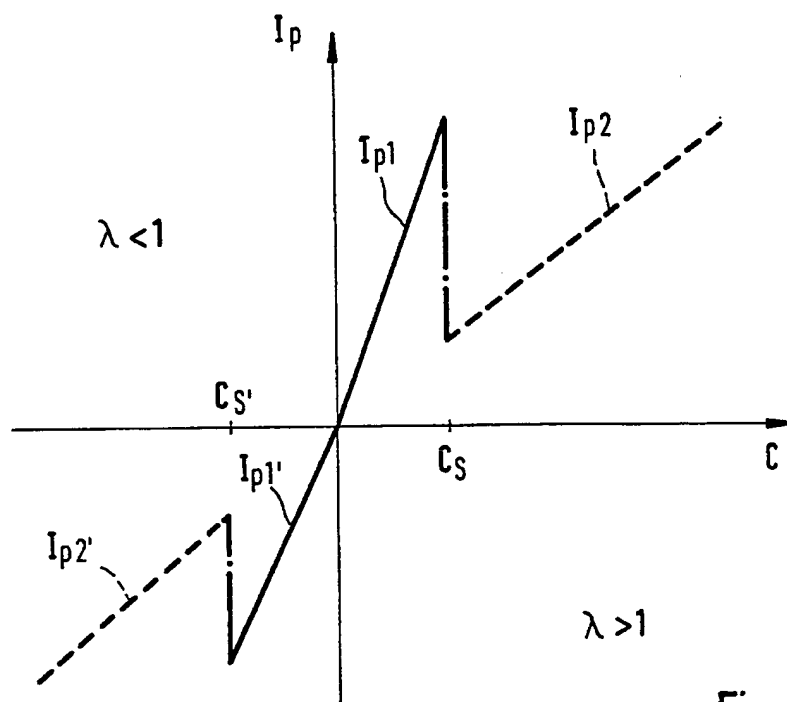


Fig. 4

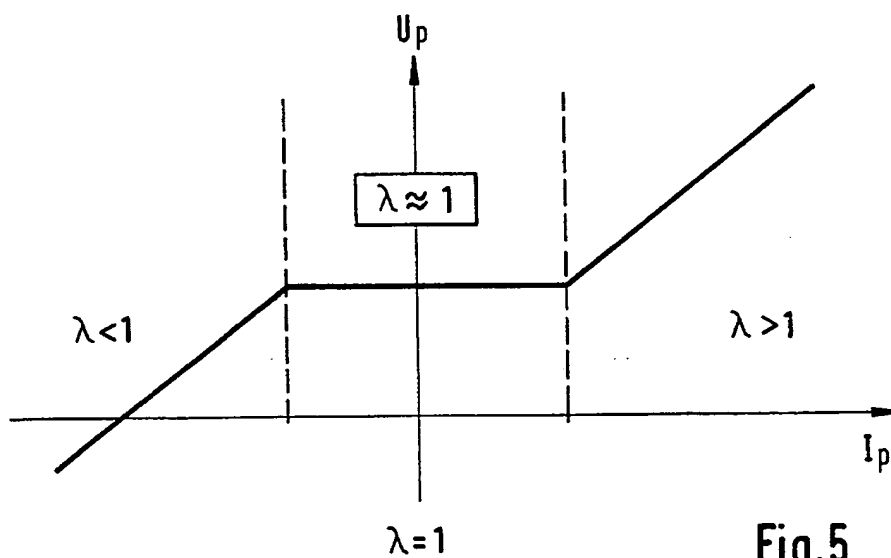


Fig. 5

